

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

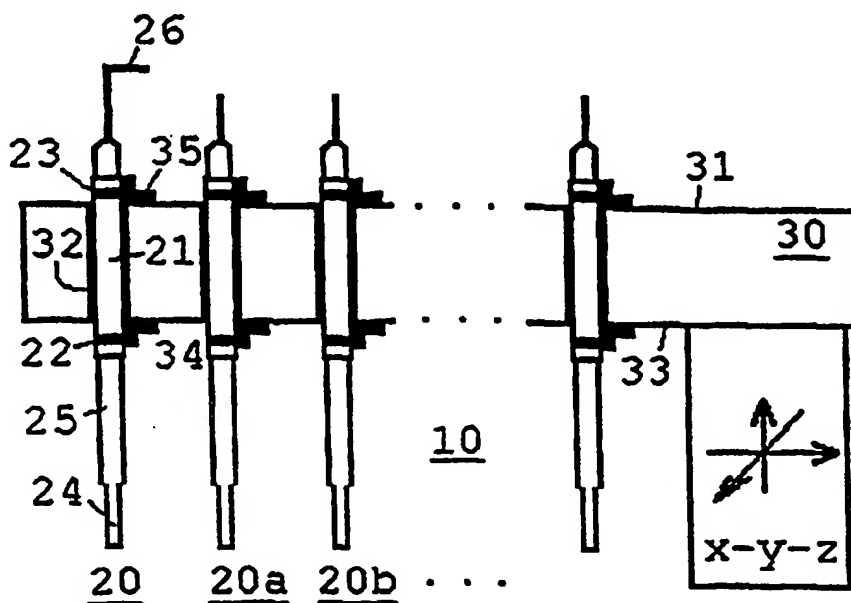
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G01N 35/10, B01L 3/02</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/30168</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	17. Juni 1999 (17.06.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/07893 (22) Internationales Anmeldedatum: 4. Dezember 1998 (04.12.98) (30) Prioritätsdaten: 197 54 000.7      5. Dezember 1997 (05.12.97)      DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V. [DE/DE]; Hofgartenstrasse 2, D-80539 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KIETZMANN, Markus [DE/DE]; Tiroler Strasse 23, D-82515 Wolfratshausen (DE). KALKUM, Markus [DE/DE]; Körtestrasse 19, D-10967 Berlin (DE). PRZEWIESLIK, Thomas [DE/DE]; Mittelstrasse 28, D-12167 Berlin (DE). EICKHOFF, Hol- ger [DE/DE]; Flanaganstrasse 41, D-14195 Berlin (DE). AROLD, Carsten [DE/DE]; Marienstrasse 21, D-10117 Berlin (DE). (74) Anwalt: HERTZ, Oliver; v. Bezold & Sozien, Briener Strasse 52, D-80333 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.	

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR ELECTRICALLY TRIGGERED MICRO DROP DELIVERY

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ELEKTRISCH AUSGELOSTEN MIKROTROPFENABGABE MIT  
EINEM DISPENSIERKOPF

(57) Abstract

A multi-channel dispenser head (10) with a plurality of micro pipettes (20) which are respectively provided with an electrically actuated trigger device (21) with a frame earth terminal and a signal terminal (22,23), whereby said micro pipettes (20) are mounted as a two-dimensional arrangement on a common carrier (30) which is provided with a location (32) having a frame earth contact and signal contact (34,35) for each micro pipette. The frame earth and signal contacts are arranged on the carrier in an interspaced manner in relation to the axial extension of each micro pipette.



### (57) Zusammenfassung

Bei einem Mehrkanal-Dispensierkopf (10) mit einer Vielzahl von Mikropipetten (20), die jeweils eine elektrisch betätigbare Auslöseeinrichtung (21) mit einem Masse- und einem Signalanschluß (22, 23) aufweisen, sind die Mikropipetten (20) als zweidimensionale Anordnung auf einem gemeinsamen Träger (30) angebracht, der für jede Mikropipette (20) eine Aufnahme (32) mit einem Masse- und einem Signalkontakt (34, 35) aufweist, wobei die Masse- und Signalkontakte am Träger in Bezug auf die axiale Ausdehnung jeder Mikropipette voneinander beabstandet angeordnet sind.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidsschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Vorrichtung und Verfahren zur elektrisch ausgelösten Mikro-  
tropfenabgabe mit einem Dispensierkopf

Die Erfindung betrifft einen Dispensierkopf, der zur zeitlich gesteuerten, elektrisch ausgelösten Abgabe von Mikrotropfen eingerichtet ist, insbesondere einen Mehrkanal-Dispensierkopf mit separat ansteuerbaren Mikropipetten, und ein Verfahren zur Verwendung eines derartigen Dispensierkopfes.

Dispensierköpfe oder -module werden verbreitet für biotechnologische oder chemisch-technologische Aufgaben eingesetzt, um kontrolliert kleine Flüssigkeitsvolumina in Form von Mikrotropfen abzugeben. Ein Beispiel hierfür ist die Herstellung von miniaturisierten DNS-Arrays für gentechnische Anwendungen, wobei durch eine geringe Tropfengröße eine hohe Klondichte erzielt wird, wofür piezoelektrisch betätigte Mikropipetten besonders gut geeignet sind. DNS-Klone, Mikroorganismen, Zellen, Zellbestandteile oder Biomoleküle werden üblicherweise als Wirksubstanzen in Mikrotiterplatten mit einer Vielzahl von Vertiefungen (beispielsweise 96 oder 384) gelagert. Damit Arrays aus beispielsweise zehntausenden verschiedener DNS-Sequenzen (sogenannte DNS-Chips) schnell hergestellt werden können, sind Dispensiermodule erforderlich, die hochparallel oder mit einer hinreichenden seriellen Geschwindigkeit Flüssigkeiten aus Mikrotiterplatten für kombinatorische Zwecke auf Substratoberflächen übertragen können.

Es ist allgemein bekannt, daß als Dispensiersysteme Einkanal-Dispensierköpfe oder Mehrkanal-Dispensierköpfe in Form einer linearen Reihenanordnung aus Mikropipetten eingesetzt werden.

Diese herkömmlichen Dispensiersysteme besitzen die folgenden Nachteile.

Die Verwendung eines Einkanal-Dispensierkopfes mit einer einzelnen Mikropipette bedeutet, daß die zu kombinierenden Substanzen seriell von einem Reservoir (z.B. Mikrotiterplatte) zu einem Reaktionssubstrat befördert werden müssen, wobei bei jedem Substanzwechsel ein Reinigungsschritt erforderlich ist. Diese Verfahrensweise ist wegen des Zeitaufwandes für praktische Anwendungen der kombinatorischen Biotechnologie oder Chemie unakzeptabel.

Mehrkanal-Dispensierköpfe, die im wesentlichen aus einer Reihe von beispielsweise 8 bis 16 Einkanal-Dispensierköpfen bestehen, erlauben zwar durch den parallelen Betrieb der einzelnen Mikropipetten eine Verringerung des Zeitaufwandes, erfordern jedoch bisher aufwendige Halterungs- und Steueranordnungen. Da jede einzelne Mikropipette mit zwei Steuerleitungen zur Betätigung des Piezoelements und mit einer Flüssigkeitsleitung zum Anlegen eines Spül- oder Beschickungsdruckes ausgestattet ist, stellen herkömmliche Mehrkanal-Dispensierköpfe komplexe und schwerfällige Anordnungen dar. So wäre beispielsweise bei einem Dispensierkopf mit einer Reihe von 8 elektrisch betätigten Mikropipetten die Anbringung von insgesamt 16 Steuerleitungen und 8 Druckleitungen erforderlich, die mit entsprechenden einzelnen Steuer- und Druckeinrichtungen verbunden sind. Soll ein derartiger Mehrkanal-Dispensierkopf beispielsweise mit einer x-y-z-Stelleinrichtung über einem Substrat verfahren werden, so stellt der komplexe Aufbau des Dispensierkopfes wegen des Gewichts und der erforderlichen Mitführung einer Vielzahl von Einzelleitungen einen entscheidenden Nachteil für die Genauigkeit der Dispensierkopfpositionierung dar. Bei ungenauer Mikrotropfenplazierung wird jedoch die Effektivität der herkömmlichen Dispensiersysteme in unakzeptabler Weise eingeschränkt. Ein weiterer Nachteil besteht in der verhältnismäßig

hohen Störanfälligkeit der reihenweise angeordneten Einkanal-Mikropipetten. Schließlich benötigt jeder der reihenweise angebrachten Einkanal-Dispensierköpfe so viel Platz, daß die Mikropipetten-Spitzen größere Abstände als die üblichen Rastermaße von Mikrotiterplatten haben. Damit wird eine Substanzaufnahme von Mikrotiterplatten uneffektiv.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Mehrkanal-Dispensierkopf zu schaffen, der sich insbesondere durch einen vereinfachten Aufbau, eine vereinfachte Ansteuerbarkeit, verkürzte Reaktionszeit und erhöhte Positionierungsgenauigkeit auszeichnet. Die Aufgabe der Erfindung ist es ferner, verbesserte Einsatzmöglichkeiten eines derartigen Dispensierkopfes anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch einen Mehrkanal-Dispensierkopf mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 bzw. durch eine Verfahrensweise mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Grundidee der Erfindung besteht in der Schaffung eines Mehrkanal-Dispensierkopfes, bei dem Mikropipetten jeweils mit einer elektrisch betätigbaren Auslöseeinrichtung, die einen Masse- und einen Signalanschluß besitzt, zweidimensional oder flächig auf einem gemeinsamen Träger angeordnet sind, der für jeden Masse- oder Signalanschluß jeweils entsprechend einen Masse- oder einen Signalkontakt aufweist, wobei die Masse- und Signalkontakte am Träger in zwei voneinander beabstandeten und elektrisch isolierten Ebenen angeordnet sind. Die Kontakte am Träger sind in Bezug auf die axiale Ausdehnung (oder: Längsausdehnung) der Mikropipetten voneinander beabstandet. Diese Gestaltung ermöglicht einen wesentlich vereinfachten Aufbau mit einer verdichteten Mikropipettenanordnung.

Die Erfindung kann mit allen Formen von Mikropipetten realisiert werden, die mit einer elektrisch betätigbaren Auslöseinrichtung ausgerüstet und zur Mikrotropfenabgabe nach Auslösung eines Druckpulses im Volumen der Mikropipette eingerichtet sind. Die Auslöseeinrichtung kann eine Piezoeinrichtung, eine Ventilanordnung (in Kombination mit einer Druckleitung) oder jede entsprechende elektrische Druckvorrichtung sein. Die zweidimensionale oder flächige Anordnung von Mikropipetten auf einem gemeinsamen Träger kann jede regelmäßige oder unregelmäßige Anordnung umfassen. Es wird jedoch eine regelmäßige Anordnung mit geraden oder konzentrisch kreisförmigen Reihen bevorzugt. Bei einer rechtwinkligen Matrixanordnung bilden die Mikropipetten rechtwinklig zueinander ausgerichtete Reihen und Spalten. Bei einer schiefwinkligen Matrixanordnung bilden die Mikropipetten gerade Reihen und Spalten, die schräg (nicht senkrecht) zueinander ausgerichtet sind. Bei einer kreisförmigen Anordnung bilden die Mikropipetten konzentrische Kreise. Im letzteren Fall werden die im folgenden genannten Reihen und Spalten durch radial angeordnete (gerade) Mikropipettenreihen und kreisförmige Mikropipettenreihen gebildet.

Gemäß einer ersten Ausführungsform besteht der Dispensierkopf gemäß der Erfindung aus einer oder mehreren Mikropipettenreihen auf einem gemeinsamen Träger, wobei die Massekontakte jeder Reihe elektrisch miteinander verbunden sind und die Signalkontakte mit einer Signal-DeDemultiplexschaltung einzeln ansteuerbar sind. Gemäß einer zweiten Ausführungsform besteht der Dispensierkopf gemäß der Erfindung aus einer oder mehreren Mikropipettenreihen auf einem gemeinsamen Träger, wobei die Signalkontakte aller Reihen elektrisch miteinander verbunden sind und die Massekontakte mit einer DeDemultiplexschaltung einzeln ansteuerbar sind. Gemäß einer dritten Ausführungsform besteht der Dispensierkopf gemäß der Erfindung aus einer Mehrzahl von Mikropipettenreihen derart, daß die Mikropipetten zweidimensional matrixartig spalten- und reihenweise angeord-

net sind. Bei dieser Ausführungsform sind die Massekontakte jeder Reihe elektrisch verbunden, wobei eine Masse-Demultiplexschaltung vorgesehen ist, mit der die gemeinsamen Massekontakte der einzelnen Mikropipettenreihen einzeln ansteuerbar sind. Außerdem sind die Signalkontakte jeder Mikropipettenspalte elektrisch miteinander verbunden, wobei in diesem Fall die Signal-Demultiplexschaltung dazu vorgesehen ist, daß die gemeinsamen Signalkontakte der Mikropipettenspalten einzeln ansteuerbar sind.

Durch die Demultiplex-Technik wird ermöglicht, daß durch Anlegen des Masse- bzw. Signalpotentials an eine der Reihen bzw. Spalten genau eine Auslöseeinrichtung einer Mikropipette betätigt wird, deren Position der ausgewählten Reihe bzw. Spalte entspricht.

Gegenstand der Erfindung ist auch eine Mikropipette mit einer elektrisch betätigbaren Auslöseeinrichtung, die einen Masse- und einen Signalanschluß besitzt und die zwei Befestigungseinrichtungen aufweist. Jede der Befestigungseinrichtungen erfüllt eine Doppelfunktion. Erstens ist eine Befestigungseinrichtung zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen dem Masse- bzw. dem Signalanschluß und entsprechenden elektrischen Steueranschlüssen an einem Träger oder einer Halterung vorgesehen. Zweitens dienen die Befestigungseinrichtungen selbst als mechanische Verbindungsmittel oder als Befestigungsmittel zur Anbringung der Mikropipette an dem Träger bzw. der Halterung. Die Befestigungseinrichtungen stellen einen mechanisch sicheren Eingriff der Mikropipette mit dem Träger oder der Halterung bereit und umfassen z.B. Lötösen, Federelemente oder Gewindeansätze.

Gemäß einer vorteilhaften Gestaltung der Mikropipetten ist jede Mikropipette über eine Druckleitung mit einer ebenfalls am Träger angebrachten Verteilereinrichtung verbunden, über die

ein Beschickungs- oder Reinigungsdruck auf die Mikropipetten gegeben werden kann. Die Verteilereinrichtung ist entweder eine Mehrventilanordnung oder ein ventiltreies Verzweigungsstück.

Die Mikropipetten weisen ein Ladevolumen zur Aufnahme der mikrotropfenweise abzugebenden Wirksubstanz und ein Trägervolumen zur Aufnahme einer Trägerflüssigkeit auf. Gemäß einem bevorzugten Verfahren der Erfindung wird der Dispensierkopf derart beschickt, daß zunächst eine Trägerflüssigkeit simultan in alle Trägervolumen der Mikropipetten aufgenommen wird. Anschließend werden an einer Wirksubstanzreservoiranordnung, die eine Vielzahl von Reservoiren enthält, die jeweils entsprechend der Mikropipettenanordnung am Dispensierkopf ausgerichtet sind, an jeder Mikropipette spezifisch Wirksubstanzen aufgenommen. Die Auslöseeinrichtung ist jeweils im Bereich des Trägervolumens angebracht, so daß die mikrotropfenweise Abgabe durch Betätigung der Auslöseeinrichtungen und Vermittlung des Druckpulses über die Trägerflüssigkeit auf die jeweilige Wirksubstanz erfolgt.

Die Erfindung besitzt die folgenden Vorteile. Der erfindungsgemäße Mehrkanal-Dispensierkopf besitzt einen wesentlich vereinfachten Aufbau, der je nach konkreter Mikropipettenanordnung durch Einsatz der Demultiplex-Technik auch eine Vereinfachung der Mikropipettenansteuerung erlaubt. Diese betrifft sowohl die Zahl der zum Dispensierkopf führenden Masse- und Signalleitungen, die unabhängig von der Zahl der Mikropipetten bis auf zwei Leitungen reduzierbar sind, als auch den Umfang der zur Ansteuerung der Mikropipetten erforderlichen Steuerelektronik. Außerdem ist der vereinfachte Aufbau leichter manipulierbar und somit genauer positionierbar. Schließlich erlaubt die Anordnung von Mikropipetten auf einem gemeinsamen Träger eine Verringerung des Mikropipettenabstandes, so daß entsprechend Wirksubstanzen von Mikrotiterplatten mit geringem



Abstand der einzelnen Mikrotitervolumina aufgenommen werden können. Die Zahl der parallel bearbeiteten Substanzen erhöht sich, so daß eine entsprechende Zeitersparung erzielt wird. Der Mehrkanal- Dispensierkopf gemäß der Erfindung erlaubt erstmalig eine vollautomatische und reproduzierbare Steuerung der Dispensierkopfpositionierung und der Mikrotropfen- Abgabezeiten nach vorgegebenen Programmustern, beispielsweise unter Einsatz eines Steuerrechners.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Es zeigen:

- Fig. 1: eine schematische Teil-Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Mehrkanal-Dispensierkopfs;
- Fig. 2: die Kontaktgestaltung für einen Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung, bei dem eine Mikropipettenreihe vorgesehen ist;
- Fig. 3: eine schematische Übersichtsdarstellung des Mehrkanal-Dispensierkopfes gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung, bei dem mehrere Mikropipettenreihen vorgesehen sind;
- Fig. 4: eine Übersichtsdarstellung der elektrischen Steuerung des Mehrkanal-Dispensierkopfes gemäß Fig. 3;
- Fig. 5: eine schematische Perspektivansicht eines Trägers eines Dispensierkopfs gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung, bei dem eine Mikropipettenmatrix vorgesehen ist;

- Fig. 6: eine Übersichtsdarstellung der elektrischen Ansteuerung eines Mehrkanal-Dispensierkopfs gemäß Fig. 5;
- Fig. 7: ein Schaltbild einer Hochspannungs-Versorgungseinrichtung für einen Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß den Fign. 3 oder 5;
- Fig. 8: ein Schaltbild einer Demultiplex-Anordnung gemäß Fig. 5;
- Fig. 9: ein Schaltbild zum Zusammenwirken der Hochspannungs-Versorgungseinrichtung mit den Demultiplex-Anordnungen gemäß den Fign. 7 und 8;
- Fig. 10: eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäß modifizierten Mikropipette;
- Fig. 11: eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäß modifizierten Mikropipette; und
- Fig. 12: eine schematische Übersichtsdarstellung zur Erläuterung des Einsatzes eines Mehrkanal-Dispensierkopfes gemäß der Erfindung.

Die Erfindung wird im folgenden unter Bezug auf einen Dispensierkopf mit piezoelektrisch betätigbaren Mikropipetten beschrieben, die zur vertikalen Abgabe von Mikrotropfen im sub- $\mu$ l-Bereich auf Substrate eingerichtet sind. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Anwendung beschränkt, sondern allgemein bei allen Mikropartikelplatzierungseinrichtungen mit allen Arten von Auslöseeinrichtungen anwendbar, bei denen elektrisch betätigte Dispenser reihen- oder matrixartig angeordnet sind und die einzelnen Auslöseeinrichtungen jedes Dispensers separat betätigbar sein sollen. Die Erfindung ist ferner nicht auf

ein bestimmtes, im folgenden beispielhaft angeführtes Format der Mikropipettenanordnung beschränkt, sondern auf beliebige Reihengängen oder Matrix-Größen, zur vertikalen oder horizontalen Mikrotropfen- oder partikelabgabe anwendbar. Die Erfindung ist mit beliebigen oder kommerziell verfügbaren, elektrisch betätigbaren Mikropipetten implementierbar, so daß im folgenden Einzelheiten der Mikropipetten nicht beschrieben werden.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Schnittteilansicht eines erfindungsgemäßen Dispensierkopfs 10 mit einer Gruppe von Mikropipetten 20 (20a, 20b, ...), die an einem gemeinsamen Träger 30 angebracht sind, der mit einer x-y-z-Stelleinrichtung verstellbar ist. Jede Mikropipette 20 besitzt als Auslöseeinrichtung ein Piezoelement 21 mit zwei Steueranschlüssen, die einen Masse-Anschluß 22 und einen Signal-Anschluß (oder: Phase-Anschluß) 23 umfassen. An der Pipettenspitze bildet die Mikropipette 20 ein Ladevolumen 24, das gegebenenfalls in ein Trägervolumen 25 (s. unten) übergeht. Am entgegengesetzten Ende der Mikropipette ist eine Druckleitung 26 vorgesehen, deren Einzelheiten unten beschrieben werden.

Der Träger 30 besteht aus mindestens einem plattenförmigen Trägerelement, das mit Aufnahmen 32 (32a, 32b, ...) zur Anbringung der Mikropipetten 20 versehen ist. Außerdem sind am Träger 30 in zwei voneinander beabstandeten, elektrisch isolierten, im wesentlichen ebenen Bereichen, die bei dem dargestellten Beispiel durch die Oberflächen 31, 33 (oder Seitenflächen) des Trägerelements gebildet werden, mit Kontakten 34, 35 versehen, die jeweils einen Massekontakt 34 und einen Signalkontakt 35 umfassen. Die Masse- und Signalkontakte 34, 35 stehen jeweils entsprechend mit den Masse- und Signal-Anschlüssen 22, 23 der Piezoelemente 21 in elektrischer Verbindung. Schließlich können elektronische Bauelemente und Einrichtungen zu deren Befestigung und Verbindung am Träger vor-

gesehen sein. Hierzu ist der Träger vorzugsweise selbst eine Schaltungsplatine. Es kann insbesondere die komplette Versorgungs- und Demultiplexelektronik auf dem Träger angebracht sein.

An jeder Aufnahme 32 des Trägerelements 31 ist eine Befestigungseinrichtung zur Halterung der Mikropipette 20 vorgesehen. Die Befestigung erfolgt vorzugsweise lösbar, um einzelne Mikropipetten austauschen zu können. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die Befestigungseinrichtung selbst durch die Masse- und Signalkontakte 34, 35 gebildet, falls diese Federelemente sind, unter deren Wirkung die Mikropipetten 20 mit dem Piezoelement 21 in der Aufnahme 32 festgehalten werden.

Die Anordnung der Mikropipetten auf dem gemeinsamen Träger erlaubt es, daß der Abstand zwischen den Mikropipettenspitzen so gering wird (z.B. 4,5 mm oder 9 mm), daß eine unmittelbare Substanzaufnahme aus üblicherweise verwendeten Mikrotiterplatten simultan für alle Mikropipetten eines Dispensierkopfes möglich ist. Die Anbringung der Masse- und Signalkontakte 34, 35 auf zwei getrennten Ebenen erlaubt ferner eine kreuzungsfreie, reihen- oder spaltenweise Verbindung von Kontakten, wie dies im folgenden erläutert wird.

Gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung werden die Mikropipetten als lineare Reihe seitlich an einem gemeinsamen flachen Träger angebracht. Fig. 2 zeigt ein Beispiel für die Kontaktierung einer (nicht dargestellten) Platine (Platinenlayout), wie sie als ein Träger 30 realisiert sein kann. Fig. 2 zeigt zwei Kontaktreihen 34, 35, die auf der Seitenfläche einer Trägerplatine vorgesehen sind und jeweils eine Vielzahl von Durchgangslöchern 341, 351 aufweisen, die zur Aufnahme von federnden Lötösen eingerichtet sind und die mit entsprechenden Aufnahmeöffnungen auf der Trägerplatine (entsprechend den Aufnahmen 32 in Fig. 1) ausgerichtet sind. Die

Mikropipetten verlaufen hier parallel zur Ebene des Trägers. Gemäß einem wichtigen Merkmal der Erfindung sind die Kontakte einer der Kontaktreihen miteinander elektrisch verbunden. Beim dargestellten Beispiel sind die Massekontakte 34 miteinander verbunden, während die Signalkontakte 35 voneinander getrennt und einzeln ansteuerbar sind. Über ein übliches Anschlußteil 36, dessen Einzelheiten nicht dargestellt sind, sind der gemeinsame Massekontakt 34 mit dem Masse-Anschluß einer Hochspannungs-Versorgungseinrichtung zur Ansteuerung der Piezoelemente und die einzelnen Steuerkontakte 35 über eine Demultiplexschaltung mit einem Phase- oder Signal-Anschluß der Hochspannungs-Versorgungseinrichtung verbunden.

Das Bezugszeichen 37 weist auf eine Halterungseinrichtung hin, mit der mehrere Mikropipettenreihen miteinander verbunden werden, um so eine Mikropipettenmatrix zu bilden. Dies wird dadurch erleichtert, daß die Reihenanordnung einen flachen Aufbau ermöglicht, so daß die Mikropipetten auch in Spaltenrichtung mit einem genügend geringen Abstand angeordnet werden können.

Die zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mehrkanal-Dispensierkopfes ist in Fig. 3 dargestellt. Fig. 3 illustriert die Gestaltung einer Mikropipettenmatrix (Ausschnitt) und deren elektrische Ansteuerung. Bei der zweiten Ausführungsform sind die Mikropipetten matrixartig zweidimensional in mehreren parallelen Mikropipettenreihen und -spalten an einem gemeinsamen Träger 30 angeordnet. Beispielfhaft sind nur drei Spalten und zwei Reihen dargestellt. Anwendungsabhängig sind jedoch wesentlich mehr Mikropipetten matrixartig verteilt. Die Geometrie der Anordnung ist anwendungsabhängig und entspricht vorzugsweise der geometrischen Anordnung der Reservoirs einer Mikrotiterplatte. Der Träger 30 umfaßt zwei Trägerteilelemente bestehend aus einer Grundplatte 311 und einer Deckplatte 313. Zusätzlich kann zwischen diesen eine Führungsplatte (nicht

dargestellt) vorgesehen sein, die vor allem der Stabilisierung des Trägers 30 dient und bei der dritten Ausführungsform gemäß Fig. 3 gezeigt ist. Jedes der Trägerteilelemente ist jeweils entsprechend mit Aufnahmen 321 und 323 versehen, die im zusammengesetzten Zustand der Trägerteilelemente zueinander ausgerichtet und zur Halterung jeweils einer Mikropipette eingerichtet sind. Jede der Aufnahmen 321 bzw. 322 ist mit einem inneren Gewindebereich versehen, der jeweils mit einem Gewindeansatz der Mikropipette (s. Fig. 11) zusammenwirkt. Außerdem bildet jede Aufnahme 321 bzw. 323 einen elektrischen Steueranschluß für die zugehörige Mikropipette. Bei der dargestellten Ausführungsform trägt die Deckplatte 313 einen gemeinsamen Signalkontakt für sämtliche Mikropipetten 20. Der Signalkontakt 35 wird beispielsweise durch eine elektrisch leitende Beschichtung (Metallplatte) der Deckplatte 313 gebildet und steht über eine Anschlußleitung mit der zugehörigen Steuerung in Verbindung. Die Massekontakte 34 sind in der Ebene der Grundplatte 311 mit Abstand vom Signalkontakt 35 angeordnet. Jeweils eine Signalleitung 341 führt von der zugehörigen Steuerung zu einer der Mikropipetten 20.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3 sind die Signalkontakte sämtlicher Reihen und Spalten der Mikropipetten elektrisch miteinander verbunden, wohingegen die Massekontakte mit einer Demultiplexschaltung 41 einzeln ansteuerbar sind. Die Steuerung des Mehrkanal-Dispensierkopfs gemäß Fig. 3 umfaßt entsprechend den Darstellungen in den Fign. 3 und 4 eine Versorgungseinrichtung 70 mit einer Hochspannungsquelle 71 und einer Schaltstufe 72 sowie die Demultiplexschaltung 41. Sowohl die Versorgungseinrichtung 70 als auch die Demultiplexschaltung 41 sind mit einer rechnergestützten Steuerung (z.B. Steuerrechner 60) verbunden.

Die Mikropipetten 20 sind z.B. Piezopipetten, die jeweils mit einem Spannungspuls von bis zu 250 Volt angesteuert werden.

Die Regelung der Pulsamplitude erfolgt direkt über die Spannungsversorgung der Hochspannungsquelle 71. Hierzu gibt der Steuerrechner 60 (DA-Karte) einen Spannungswert zwischen 0 und 5 Volt aus, der der Hochspannungsquelle 71 als Steuersignal dient. Der Steuerspannungshub von 5 Volt entspricht beispielsweise einem Hochspannungshub von 250 Volt.

Die Schaltstufe 72 enthält Schalttransistoren, die einerseits mit der eingestellten Hochspannung von der Hochspannungsquelle 71 und andererseits über Schmitt-Trigger mit Steuerpulsen von einer Timer-Counter-Karte im Steuerrechner 60 beaufschlagt werden. Die Schalttransistoren liefern entsprechend der gewünschten Ansteuerung der Mikropipetten 20 einen flankensteilen Rechteckpuls an den Signalkontakt 35, der dort allen Mikropipetten simultan zur Verfügung steht. Die elektrische Verbindung mit den Piezoelementen der Mikropipetten erfolgt über die jeweiligen Gewindeansätze der Mikropipetten.

Die Demultiplexschaltung 41 ist beispielsweise eine 16-aus-4-Demultiplexschaltung. Die Auswahl der gewünschten Mikropipetten 20 erfolgt über einen vom Steuerrechner 60 vorgegebenen BCD-Code. Die Demultiplexschaltung 41 entschlüsselt den Code und gibt die jeweilige Pipettenauswahl an eine von vielen Schaltstufen weiter, deren Anzahl der Zahl von Mikropipetten entspricht. Die dadurch aktivierte Schaltstufe bringt den entsprechenden Massekontakt 34 der gewünschten Mikropipette 20 simultan zum Hochspannungspuls der Versorgungseinrichtung 70 auf Massepotential. Dadurch wird die gewünschte Mikropipette 20 einer Potentialdifferenz ausgesetzt. Das Piezoelement wird dementsprechend betätigt und Flüssigkeit dispensiert. Die Düsen, deren Schaltstufen nicht aktiviert sind, bleiben potentialfrei, so daß die jeweiligen Mikropipetten auch nicht betätigt und keine Flüssigkeiten dispensiert werden.

Die elektrischen Verbindung zwischen den Schaltstufen der Demultiplexschaltung 41 mit den Piezoelementen der Mikropipetten

erfolgt über die jeweiligen Gewindeansätze (s. Fig. 11) und über Leiterbahnen auf der Grundplatte 311. Die Grundplatte 311 ist dementsprechend vorzugsweise eine Platine mit geätzten Kupferbahnen.

Die Ausführungsform gemäß den Fign. 3 und 4 besitzt den Vorteil, daß das System beliebig erweiterbar ist. Eine Erweiterung auf eine vergrößerte Pipettenzahl ist mit minimalem technischem Aufwand möglich, da in jedem Fall nur die eine Versorgungseinrichtung 70 unabhängig von der Zahl der Pipetten erforderlich ist. Die Demultiplexschaltung hingegen kann problemlos mit auf dem Träger 30 angebracht werden, der mit einer Haltevorrichtung (nicht dargestellt) über einem Probensubstrat oder dgl. verfahren werden kann.

Eine alternative Gestaltung eines Trägers 30 für eine matrixartige, zweidimensionale Mikropipettenanordnung gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 5 (auseinandergezogene Darstellung) dargestellt. Der Träger 30 umfaßt hier drei Trägerteilelemente bestehend aus einer Grundplatte 311, einer Führungsplatte 312 und einer Deckplatte 313. Jedes der Trägerteilelemente ist jeweils entsprechend mit Aufnahmen 321, 322 und 323 versehen, die im zusammengesetzten Zustand der Trägerteilelemente zueinander ausgerichtet und zur Halterung jeweils einer Mikropipette eingerichtet sind. In jeder der Aufnahmen 321 bzw. 323 der Grundplatte 311 bzw. 313 befindet sich ein elektrischer Kontakt 34 bzw. 35. Die Kontakte 34 (beispielsweise: Massekontakte 34) sind somit in der Ebene der Grundplatte 311 mit Abstand von den Kontakten 35 (hier: Signalkontakte) in der Ebene der Deckplatte 313 angeordnet. Die Massekontakte 34 sind durch einen ersten Kontaktkamm 341 reihenweise miteinander verbunden. Hierzu sind Kontaktstege 341a, 341b, ... vorgesehen, die sich entlang der Reihen erstrecken und jeweils mit jedem der in der entsprechenden Reihe befindlichen Kontakte 34 verbunden sind. Für die zweite Kon-



taktgruppe 35 ist entsprechend ein zweiter Kontaktkamm 351 bestehend aus Kontaktstegen 351a, 351b, ... vorgesehen, der die Kontakte spaltenweise miteinander verbindet. Spaltenweise bedeutet hier, daß die Kontakte 35 in linearen Spalten jeweils untereinander verbunden werden, die senkrecht oder schräg zur den linearen Reihen verlaufen, in denen die Kontakte 34 miteinander verbunden sind. Die Kontaktkamm 341, 351 sind mit Demultiplex-Schaltungen (nicht dargestellt) verbunden, deren Funktion unten erläutert wird.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 übernehmen die Kontakte 34, 35 wiederum die Funktion von Befestigungseinrichtungen. Die Kontakte sind jeweils in den Aufnahmen federnd so angeordnet, daß der Querschnitt der Aufnahme verringert wird und ein in der Aufnahme befindliches Piezoelement einer mechanischen Spannung ausgesetzt ist. Die Dicke der Führungsplatte 312 wird entsprechend der konkreten Piezoelement-Bauform so gewählt, daß die Kontakte 34 bzw. 35 jeweils mit den Masse- und Signalanschlüssen der Piezoelemente Kontakt erhalten, wie diese in Fig. 10 gezeigt sind.

Der oben beschriebene Aufbau des erfindungsgemäßen Mehrkanal-Dispensierkopfes gemäß den Fign. 2 oder 5 erlaubt eine vereinfachte elektronische Steuerung durch Einsatz der Demultiplex-Technik. Um auch die Handhabung des Dispensierkopfs durch Reduzierung der Zahl der elektrischen Steuerleitungen von ortsfesten Steuer- und Versorgungseinrichtungen zu vereinfachen, sind je nach Ausführungsform eine erste Demultiplexschaltung 40 und/oder eine zweite Demultiplexschaltung 50 mit am Dispensierkopf 10 angebracht. Die Demultiplexschaltung 40 ist zur Verteilung von Phasen- oder Steuerimpulsen oder -signalen auf die Piezoelementsteueranschlüsse von einzelnen oder spaltenförmig angeordneten Mikropipetten vorgesehen. Die zweite Demultiplexschaltung 50 ist dementsprechend zur Verteilung von Massepotentialen an die Piezoelement-Masseanschlüsse

von reihenweise angeordneten Mikropipetten vorgesehen. Fig. 6 zeigt schematisch ein Blockschaltbild der ortsfesten Steuereinrichtung 60 (beispielsweise ein Computer), der ortsfesten oder mit dem Träger beweglichen Versorgungseinrichtung 70 und des in Bezug auf diese mit einer x-y-z-Stelleinrichtung (nicht dargestellt) beweglichen Dispensierkopfs 10 (gestrichelt umrahmt). Die Darstellung macht einen wichtigen Vorteil der Erfindung deutlich, daß nämlich neben den zwei Leitungen 74, 75 zur Piezoelementansteuerung lediglich zwei weitere Leitungen 62, 63 zur Ansteuerung der Demultiplexschaltungen 40, 50 zwischen dem beweglichen Dispensierkopf 10 und den ortsfesten Laborsystemen vorgesehen sind.

Die Steuereinrichtung 60 dient der automatischen Steuerung des gesamten Mikroplazierungssystems, insbesondere der Dispensierkopfpositionierung und der zeitlichen Mikrotropfenabgabe. Hierzu wird beispielsweise ein Computer mit einer zusätzlichen Timer-Counter-Karte, einem Digital-Analog-Wandler (z.B. National Instruments PC-A-02DC) und mehreren Digital-Ausgängen für die Steuerbus-Leitungen (z.B. National Instruments PC-DIO-96) versehen. Die Timer-Counter-Karte (z.B. PCL mit AM 9513-Baustein) wird zur Erzeugung der je nach Anwendungsfall erforderlichen Piezoimpulslänge (TTL-Impulse zur Hochspannungssteuerung) und der Tropfenfrequenz programmiert. Über den Digital-Analog-Wandler in der Steuereinrichtung 60 kann die Ausgangsspannung der Hochspannungsquelle 71 der Versorgungseinrichtung 70 variiert werden. Diese Variationsmöglichkeit ist vorteilhaft, um die Parameter der Versorgungseinrichtung 70 an die Kenngrößen der Mikropipetten des jeweils verwendeten Dispensierkopfes und gegebenenfalls an die zu dispensierenden Lösungen anzupassen. Die jeweiligen Kenngrößen (Pulsspannung, Pulslänge, Tropfenfrequenz usw.) werden von der Steuereinrichtung 60 verwaltet und in Datenbanken gespeichert.

Die Steuereinrichtung 60 ist über einen x-y-Steuerbus 61 mit den Demultiplexschaltungen 40 und 50 verbunden. Außerdem besteht eine Verbindung mit der Versorgungseinrichtung 70 über die Spannungseinstelleitung 64 und die Impulsleitung 65 zur Pulsbreiten- und Frequenz-Steuerung der Versorgungseinrichtung 70.

Fig. 7 zeigt Einzelheiten der Versorgungseinrichtung 70, die aus einer Hochspannungsquelle 71 und einer Pulsformungsschaltung 72 besteht. Die Leitungen 64 bzw. 65 von der Steuereinrichtung 60 sind jeweils entsprechend mit den Schaltungen 71 bzw. 72 verbunden. Von der Versorgungseinrichtung 70 führt dann eine Steuerleitung 74 und eine Masseleitung 75 zum Dispensierkopf 10. Über die Steuerleitung 74 wird ein Hochspannungspuls als Steuersignal für die Piezoelemente der Mikropipetten übertragen. Die Hochspannungs-Steuereinheit 71 besteht aus einem kommerziell erhältlichen Linearspannungsverstärker. Die Pulsformungsschaltung 72 ist eine schnell schaltende, flankenpräzise Hochspannungsschaltstufe, die vom TTL-Puls der Steuereinrichtung 60 gesteuert wird.

Einzelheiten der Demultiplex-Schaltung 40 und deren Zusammenwirken mit der Steuereinrichtung 60 und der Versorgungseinrichtung 70 werden im folgenden unter Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 mit 16 Mikropipetten erläutert. Bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist eine Gruppe von Mikropipetten reihenförmig angeordnet, wobei alle Massenkontakte 34 der Mikropipetten elektrisch miteinander verbunden sind. Eine Demultiplexschaltung 50 gemäß Fig. 6 ist in diesem Fall somit nicht vorgesehen. Die im folgenden unter Bezug auf die Figuren 7 und 8 erläuterten Einzelheiten können jedoch in analoger Weise auf die zweite und dritte Ausführungsform mit einer matrixförmigen Mikropipettenanordnung gemäß dem Fign. 3 oder 5 angewendet werden. Die Demultiplexschaltung 50 besitzt dann grundsätzlich denselben Aufbau und dieselben Funktionen wie

die Demultiplexschaltung 40, dies jedoch in Bezug auf die separate Ansteuerung der Massekontakte miteinander verbundener Reihen.

Die Demultiplexschaltung 40 (s. Fig. 6) umfaßt einen Demultiplexer 41, eine Anzeigeeinrichtung 42 und eine Schalteranordnung 43. Der Demultiplexer 41 und die Anzeigeeinrichtung 42 sind in Fig. 8 gezeigt. Über den y-Steuerbus 62, der vom x-y-Steuerbus 61 abzweigt, erhält der Demultiplexer 41 ein Selektionssignal, das festlegt, welcher der Signalkontakte 35 des Dispensierkopfs 10 mit dem Hochspannungspuls von der Versorgungseinrichtung 70 beaufschlagt werden soll. Der Demultiplexer 41 ist beispielsweise ein digitaler Demultiplexer vom Typ SN74LS4067. Daraufhin gibt der Demultiplexer 41 über eine der 16 Demultiplexerausgangsleitungen 64 ein Triggersignal aus, das an die Anzeigeeinrichtung 42 und die Schalteranordnung 43 angelegt wird. Die Anzeigeeinrichtung 42 ist lediglich ein Hilfsmittel zur Vereinfachung der Erkennbarkeit, welche Mikropipette des Dispensierkopfs gerade aktuell angesteuert wird. Zur Realisierung der Erfindung ist es nicht zwingend erforderlich, die Anzeigeeinrichtung 42 vorzusehen.

Die Schalteranordnung 43, deren Einzelheiten in Fig. 9 gezeigt sind, wirkt wie eine Relaisgruppe bestehend aus einer Zahl der in der Reihe angeordneten Mikropipetten (z.B. 16) entsprechenden Schalteinheiten 431, ... 4316. Jede der Schalteinheiten enthält als Schaltmittel eine Transistorschaltung, die bei Anlegen eines Triggersignals von einer der sechzehn Demultiplexerausgangsleitungen 64 anspricht und den über die Signalleitung 74 gelieferte Hochspannungspuls an den Signalkontakt 35 des jeweils selektierten Piezoelements 21 weiterschaltet.

Durch das vom Demultiplexer 41 gelieferte Triggersignal wird somit entschieden, welche Mikropipette (bzw. welches Piezoelement) mit dem Hochspannungspuls beaufschlagt wird. Obwohl bei

der ersten Ausführungsform sämtliche Piezoelemente mit dem Massepotential fest verbunden sind, wird nur eine Mikropipette elektrisch versorgt und somit zur Mikrotropfenabgabe veranlaßt. Bei der zweiten Ausführungsform enthält die zweite Demultiplexerschaltung 50 entsprechend einen Demultiplexer 51, eine Anzeigeeinrichtung 52 und eine Schalteranordnung 53. Über den x-Steuerbus 63 wird ein Selektionssignal an den Demultiplexer 51 geliefert, wodurch ausgewählt wird, welche der in Bezug auf die Massekontakte verbundenen Mikropipettenreihen mit der Masseleitung 75 von der Steuereinrichtung 70 verbunden werden soll. Der Demultiplexer 51 liefert wiederum ein entsprechendes Triggersignal, auf das eine der Schalteinheiten der Schalteranordnung 53 das Massepotential auf die entsprechende Mikropipettenreihe durchschaltet. Durch das Zusammenwirken der Demultiplexerschaltungen 40 und 50 wird genau eine Mikropipette elektrisch versorgt, die der Reihe und Spalte entspricht, die aktuell mit dem Hochspannungspuls bzw. dem Massepotential beaufschlagt werden. Beim in Fig. 5 dargestellten Beispiel ist dies die Mikropipette in der zweiten Spalte und zweiten Reihe.

Die Zahl der Schaltereinheiten 431, ..., 531, ... in jeder Schalteranordnung 43, 53 wird an die jeweilige Reihen- und Spaltenzahl des Dispensierkopfes 10 angepaßt. So können beispielsweise bei einem Dispensierkopf mit 96 Mikropipetten für eine Mikrotiterplatte mit 96 Substanzreservoirs (Reservoirabstand rd. 9 mm) in der Schalteranordnung 43 acht Schalteinheiten und in der Schalteranordnung 53 zwölf Schalteinheiten vorgesehen sein. Die Schalteinheiten werden vorzugsweise von den Demultiplexern optoisoliert, um das Übersprechen elektrischer Steuersignale zu vermeiden und um eine Verstärkung der Demultiplexersignale zu erzielen. Hierzu sind für jede Schaltereinheit ein Optokoppler vorgesehen.

Eine erfindungsgemäße modifizierte Mikropipette ist mit Befestigungseinrichtungen versehen, die simultan dem elektrischen und mechanischen Kontakt mit dem Träger dienen. Zwei Ausführungsformen von Befestigungseinrichtungen werden im folgenden unter Bezug auf die Fign. 10 und 11 beschrieben.

Fig. 10 zeigt Einzelheiten eines kommerziell verfügbaren Piezoelements 21 mit Steueranschlüssen 22, 23. Bei Anlegen eines Steuersignals (Hochspannung im Bereich von rd. 30 V bis 200 V) erfolgt eine Verformung des Piezoelements derart, daß sich das mit dem Inneren der Mikropipette befindliche Volumen verringert, so daß von der Mikropipettenspitze ein Mikrotropfen abgegeben wird. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ist jeder Steueranschluß über eine Lötöse 27, die in die jeweilige Aufnahme am Träger ragt, mit den jeweiligen Kontakten im Träger verbunden. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 kann auf die Lötöse verzichtet werden, da die Kontakte 34, 35 in den Ausnehmungen 321 bzw. 323 den direkten Kontakt mit den Steueranschlüssen 22, 23 herstellen.

Eine alternative Pipettengestaltung ist in Fig. 11 gezeigt. Die Mikropipette 20 besteht aus einer Bohrsilikatglaskapillare mit einem Außendurchmesser von 1 mm und einer Wandstärke von 41 µm. Das Piezoelement 21 ist ein Piezokeramikrohr mit zwei Steueranschlüssen 22, 23, die jeweils eine innere Elektrode und eine äußere Elektrode (Metallisierung auf dem Piezokeramikrohr) umfassen. Die Befestigungseinrichtungen werden durch zwei Gewindehülsen oder Gewindeansätze 28 gebildet, die jeweils an den Enden des Piezokeramikrohrs aufsitzt. Die Steueranschlüsse 22, 23 sind so angeordnet, daß jeweils ein Ende des Piezokeramikrohrs von einem der Steueranschlüsse bedeckt ist. Dementsprechend bestehen die Gewindeansätze 28 aus metallischem Material in elektrischem Kontakt jeweils mit einem der Steueranschlüsse 22 oder 23. Der Außenumfang der Gewindeansätze 28 ist mit einem Gewinde entsprechend dem Innenge-

winde in den Aufnahmen 321, 322 am Träger 30 (s. Fig. 3) versehen. Anstelle der Gewinde können auch andere Eingriffsmöglichkeiten (z.B. Rastelemente) vorgesehen sein.

Die Gewindeansätze 28 sind mit einem elektrisch leitenden Klebstoff (z.B. "Circuit Works" von Chemtronics Inc., USA) auf die Steueranschlüsse aufgeklebt. Der axiale Abstand der Steueranschlüsse 22, 23 beträgt rd. 1 cm und der Durchmesser des Piezokeramikrohrs beträgt rd. 3 mm. Die Dimensionen der als Dispenser wirkenden Mikropipette können anwendungsabhängig angepaßt sind.

Die Mikropipette 20 enthält eine Verjüngung 29 zwischen dem Trägervolumen 25 hin zur Pipettenspitze 20a und einem Reservoir 26, das mit einer Druckleitung (nicht dargestellt) verbunden ist (s. Fig. 12).

Fig. 12 zeigt ein weiteres Merkmal gemäß der Erfindung, mit dem die Handhabung eines Mehrkanal-Dispensierkopfes vereinfacht werden kann. Wie unter Bezug auf Fig. 1 angegeben, ist jede Mikropipette 20 mit einer Druckleitung 26 versehen. Die Druckleitungen 26 aller Mikropipetten sind mit einer Verteilereinrichtung 80 verbunden, die auch am Dispensierkopf 10 angebracht ist. Von der Verteilereinrichtung 80 führt eine Druckversorgungsleitung 81 zu einer ortsfesten Druckeinrichtung (nicht dargestellt) führt. Die Druckeinrichtung ist dazu vorgesehen, Unter- bzw. Überdrucke zur Aufnahme von Trägerflüssigkeiten oder zu Reinigungszwecken oder eine Druckstabilisierung bereitzustellen, die von der Verteilervorrichtung 80 auf die Druckleitungen 26 (z.B. Gasdruckleitungen) übertragen werden.

Die Verteilereinrichtung 80 kann eine Mehrventilanordnung oder eine Verzweigungsanordnung sein. Bei der Mehrventilanordnung ist eine Ventilanzahl entsprechend der Zahl von Mikropipetten

am Dispensierkopf vorgesehen. Die Mehrventilanordnung erlaubt die Druckansteuerung einzelner Mikropipetten für Beschickungs- oder Reinigungszwecke. Bei der Verzweigungsanordnung mündet die Druckversorgungsleitung 81 ohne Ventile in die Vielzahl von Druckleitungen 26. Beim Einsatz der Verzweigungsanordnung wird die Verfahrensweise zur Beschickung oder Reinigung und zur Substanzaufnahme wie folgt realisiert. In einem ersten Schritt wird der Dispensierkopf zu einem Trägerflüssigkeitsreservoir 91 gefahren, so daß die Mikropipettenspitzen simultan in eine Trägerflüssigkeit eintauchen. Über die Druckversorgungsleitung 81 wird an alle Mikropipetten ein Unterdruck derart angelegt, daß die Trägerflüssigkeit in das Trägervolumen 25 jeder der Mikropipetten 20 eingesogen wird. Die Einführung der Trägerflüssigkeit erfolgt soweit, daß ein Füllstand bei der Höhe H oberhalb der jeweiligen Piezoelemente erreicht wird. Die Trägerflüssigkeit hat die Aufgabe, einen an den Piezoelementen gebildeten Druckpuls auf eine in die Mikropipettenspitze geladene Wirksubstanz im Ladevolumen 24 zur Abgabe von Mikrotropfen zu übertragen. Dadurch werden in vorteilhafter Weise die erforderlichen Wirksubstanzvolumina in dem Submikroliterbereich verringert.

In einem zweiten Schritt wird der Dispensierkopf 10 zu einer Mikrotiterplatte 92 gefahren und derart auf die Mikrotiterreservoirs oder -volumina 921, 922, 923 ... abgesenkt, daß die Mikropipettenspitzen in die Wirksubstanzen in den Reservoiren eintauchen. Durch erneutes Anlegen eines Unterdrucks über die Druckversorgungsleitung 81 wird die jeweilige Wirksubstanz in die Mikropipettenspitze in die Ladevolumina 24 gezogen. Durch geeignete Auswahl der Trägerflüssigkeit und der Lösungsmittels der Wirksubstanz wird eine Vermischung von beiden Flüssigkeiten vermieden.

Anschließend wird der Dispensierkopf 10 zum Reaktionssubstrat 93 gefahren, wo der beabsichtigte kombinatorische Reaktionsab-



lauf durch gezieltes Positionieren von Mikrotropfen in den einzelnen Wirksubstanzen an vorbestimmten Orten auf dem Substrat 93 realisiert wird.

Der Vorteil dieser Verfahrensweise besteht darin, daß mit der Verzweigungsanordnung, die einen sehr einfachen Aufbau aufweist, positions- bzw. pipettenspezifisch am Dispensierkopf Wirksubstanzen aufgenommen werden, ohne daß einzelne Ventile betätigt werden müssen.

Der Dispensierkopf gemäß der Erfindung wird vorzugsweise bei biotechnologischen, gentechnischen oder chemisch-technologischen Verfahren eingesetzt. Die beschriebene Matrix mit senkrecht oder schräg zueinander verlaufenden Reihen kann auch durch eine andere zweidimensionale Anordnung ersetzt werden. Sind die Mikropipetten beispielsweise kreisförmig angeordnet, so erfolgt die Ansteuerung nicht über kartesische x-y-Koordinaten, sondern über Polarkoordinaten. Dann realisieren die Demultiplexerschaltungen jeweils eine Radius- und Winkelauswahl.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Mehrkanal-Dispensierkopf (10) mit einer Vielzahl von Mikropipetten (20), die jeweils eine elektrisch betätigbare Auslöseeinrichtung (21) mit einem Masse- und einem Signalanschluß (22, 23) aufweisen,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Mikropipetten (20) als ein- oder zweidimensionale Anordnung auf einem gemeinsamen Träger (30) angebracht sind, der für jede Mikropipette (20) eine Aufnahme (32, 321, 323) mit einem Masse- und einem Signalkontakt (34, 35) aufweist, wobei die Masse- und Signalkontakte am Träger in Bezug auf die Längsausdehnung der jeweiligen Mikropipette voneinander beabstandet angeordnet sind.

2. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 1, bei der die Mikropipetten entlang einer ersten Dimension mehrere gerade oder kreisförmige Reihen bilden, wobei die Massekontakte (34) jeder Reihe untereinander elektrisch miteinander verbunden sind und jeder der Signalkontakte (35) mit einer ersten Demultiplexschaltung (40) verbunden und einzeln ansteuerbar ist.

3. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 2, bei der die Mikropipetten entlang einer zweiten Dimension mehrere Spalten bilden, die zu den Mikropipettenreihen mit verbundenen Massekontakten schräg oder senkrecht verlaufen, wobei die reihenweise verbundenen Massekontakte jeweils mit einer zweiten Demultiplexschaltung (50) verbunden und mit dieser einzeln ansteuerbar sind und wobei die Signalkontakte in den Mikropipetenspalten jeweils elektrisch miteinander verbunden sind und die spaltenweise verbundenen Signalkontakte jeweils mit der

ersten Demultiplexschaltung (40) verbunden und einzeln ansteuerbar sind.

4. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 1, bei der die Mikropipetten matrixartig in zueinander senkrecht oder schräg verlaufenden Reihen und Spalten angeordnet sind, wobei die Massekontakte reihenweise und die Signalkontakte spaltenweise elektrisch verbunden sind und wobei die gemeinsamen Massekontakte jeder einzelnen Reihe und die gemeinsamen Signalkontakte jeder einzelnen Spalte jeweils entsprechend mit einer ersten bzw. zweiten Demultiplexschaltung (40, 50) verbunden und einzeln ansteuerbar sind.

5. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 1, bei der die Mikropipetten matrixartig in zueinander senkrecht oder schräg verlaufenden Reihen und Spalten angeordnet sind, wobei die Signalkontakte aller Mikropipetten als gemeinsamer Kontakt (34) elektrisch miteinander verbunden sind und jeder Massekontakt jeder Mikropipette über eine separate Masseleitung (35) mit einer Demultiplexschaltung (41) verbunden und einzeln ansteuerbar ist.

6. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 4 oder 5, bei der die Mikropipetten entsprechend einem Raster von Reservoiren einer Mikrotiterplatte angeordnet sind.

7. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Masse- und Signalkontakte (34, 35) Gewindeansätze (28) oder Federelemente sind, die jeweils in die Aufnahmen (32, 321, 323) für die Mikropipetten eingreifen oder hineinragen und Befestigungseinrichtungen für diese bilden.

8. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, bei der die Demultiplexschaltungen (40, 50) und eine Versor-

gungseinrichtung (70) am Träger (30) angebracht und mit diesem beweglich sind.

9. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß einem der Ansprüche 2 bis 8, bei der die Demultiplexschaltungen (40, 50) jeweils einen Demultiplexer (41, 51) und eine Schalteranordnung (43, 53) aufweisen, wobei jede Schalteranordnung (43, 53) eine Vielzahl von Schaltereinheiten jeweils entsprechend der Zahl der Reihen mit elektrisch verbundenen Massekontakten und der dazu schräg oder senkrecht verlaufenden Reihen mit elektrisch verbundenen Signalkontakten enthält.

10. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Mikropipetten (20) jeweils Druckleitungen (26) aufweisen, die über eine am Dispensierkopf befestigte Verteilereinrichtung (80) mit einer Druckversorgungsleitung (81) verbunden sind.

11. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 10, bei der die Verteilereinrichtung (80) eine Mehrventilanordnung oder eine Verzweigungsanordnung ist.

12. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die elektrisch betätigbare Auslöseeinrichtung (20) ein Piezoelement oder eine Ventileinrichtung ist.

13. Mehrkanal-Dispensierkopf mit einer Vielzahl von Mikropipetten, die jeweils einen Masse- und einen Signalanschluß aufweisen, die jeweils mit einer elektrisch leitenden Befestigungseinrichtung (27, 28) verbunden sind, die zur Anbringung der Mikropipetten an einem gemeinsamen Träger (30) eingerichtet sind.

14. Mehrkanal-Dispensierkopf gemäß Anspruch 13, bei dem die Befestigungseinrichtungen Federelemente, Lötösen (27) oder Gewindeansätze (28) sind.

15. Verfahren zur Verwendung einer Mehrkanal-Dispensierkopfes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem die Mikropipetten simultan mit einer Trägerflüssigkeit, die in jeder Mikropipette ein Trägervolumen (25) füllt, das von der Auslöseeinrichtung (21) bis zu einem Ladevolumen (24) an der Mikropipettenspitze reicht, und zur Druckübertragung von der Auslöseeinrichtung (21) zum Ladevolumen (24) eingerichtet ist, und anschließend mit verschiedenen Wirksubstanzen, die jeweils die Ladevolumen (24) füllen, beschickt werden.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, bei dem zur Beschickung der Ladevolumen (24) der Dispensierkopf so über eine matrixartige Anordnung von Wirksubstanzreservoirien gefahren wird, daß die Mikropipettenspitze simultan in die Wirksubstanzreservoirie eintauchen.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15 oder 16, bei dem das Ladevolumen (24) eine Wirksubstanzenmenge im Submikroliter-Bereich aufnimmt und wesentlich kleiner als das Trägervolumen (25) ist.

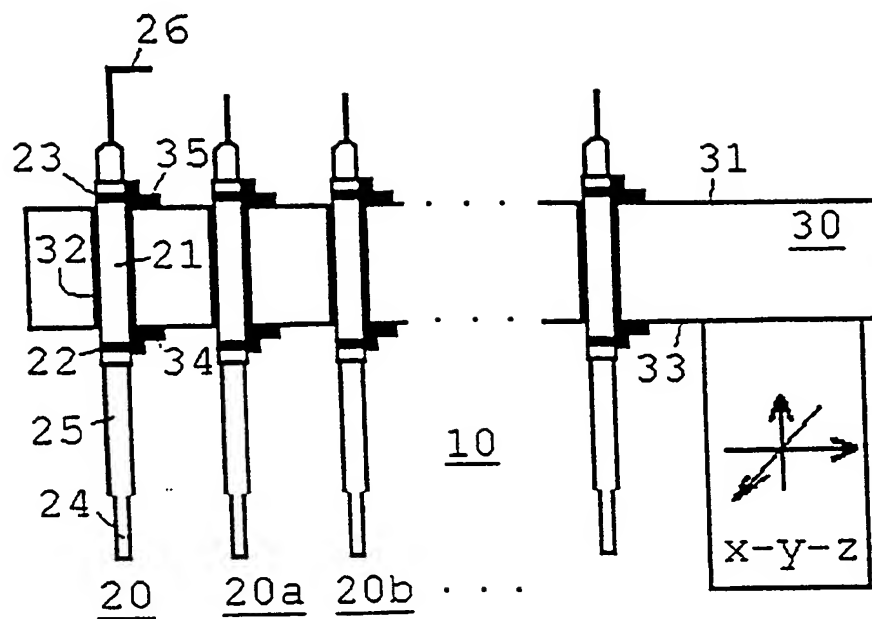


Fig. 1

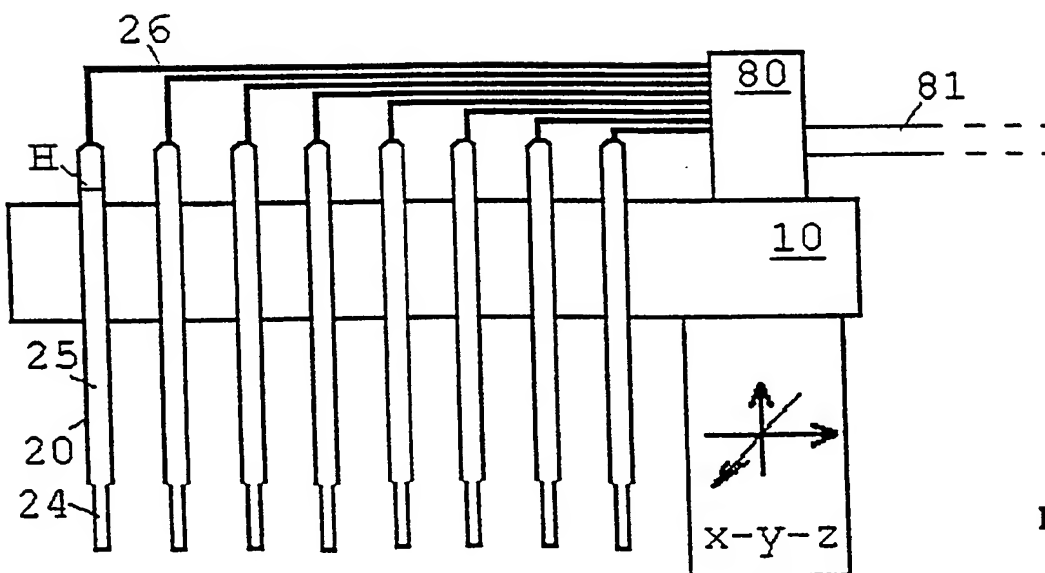
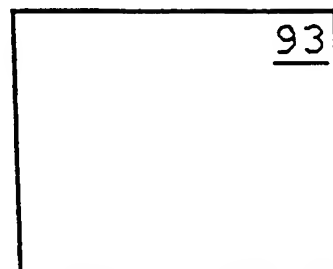
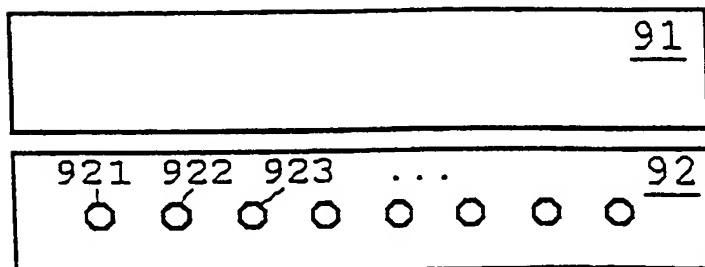
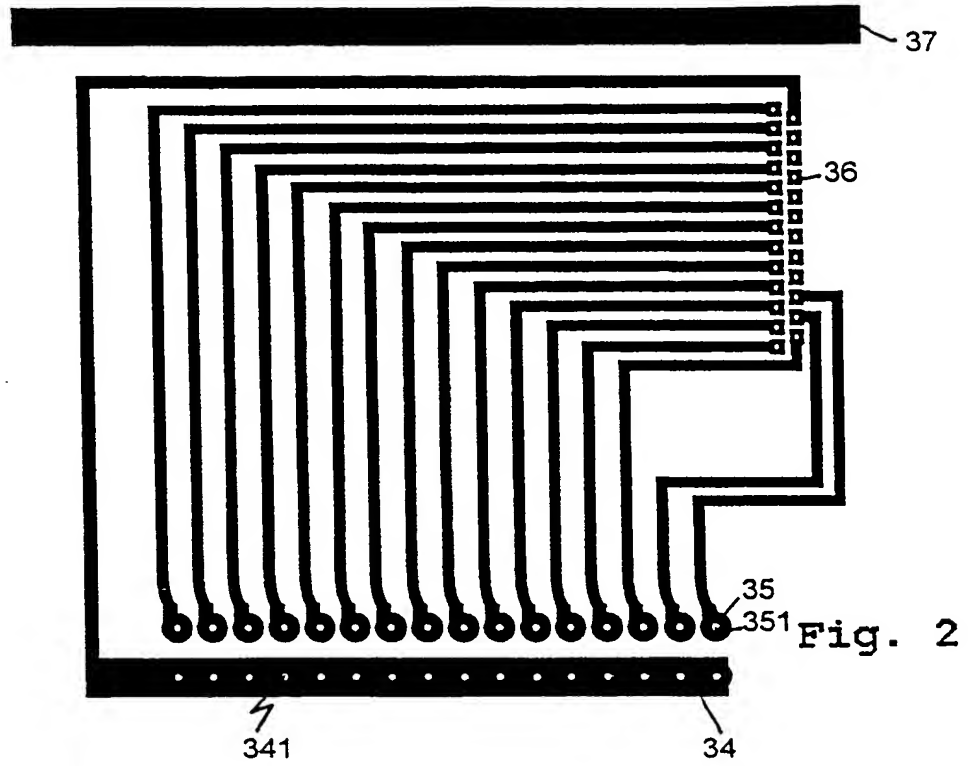


Fig. 12





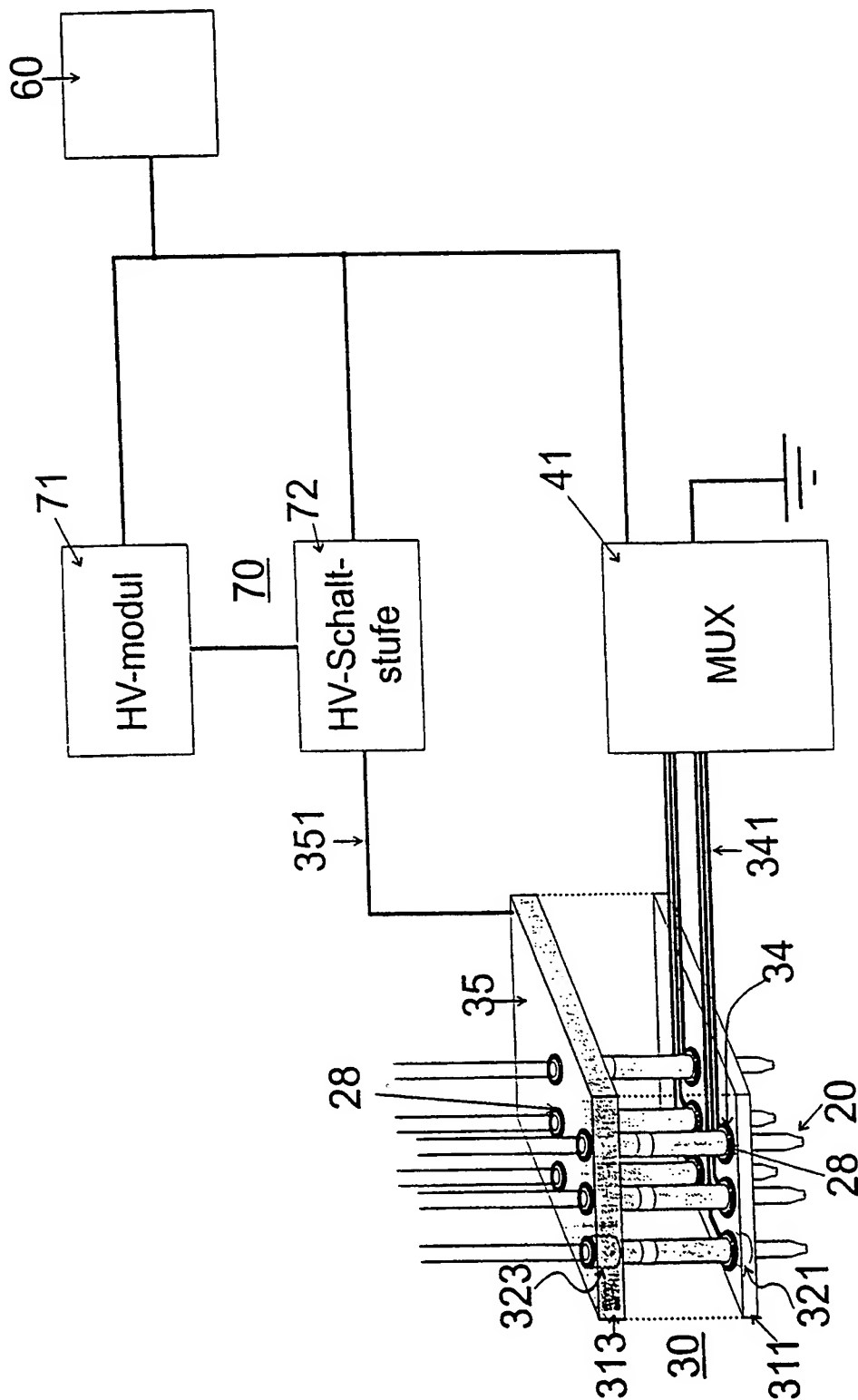


Fig. 3



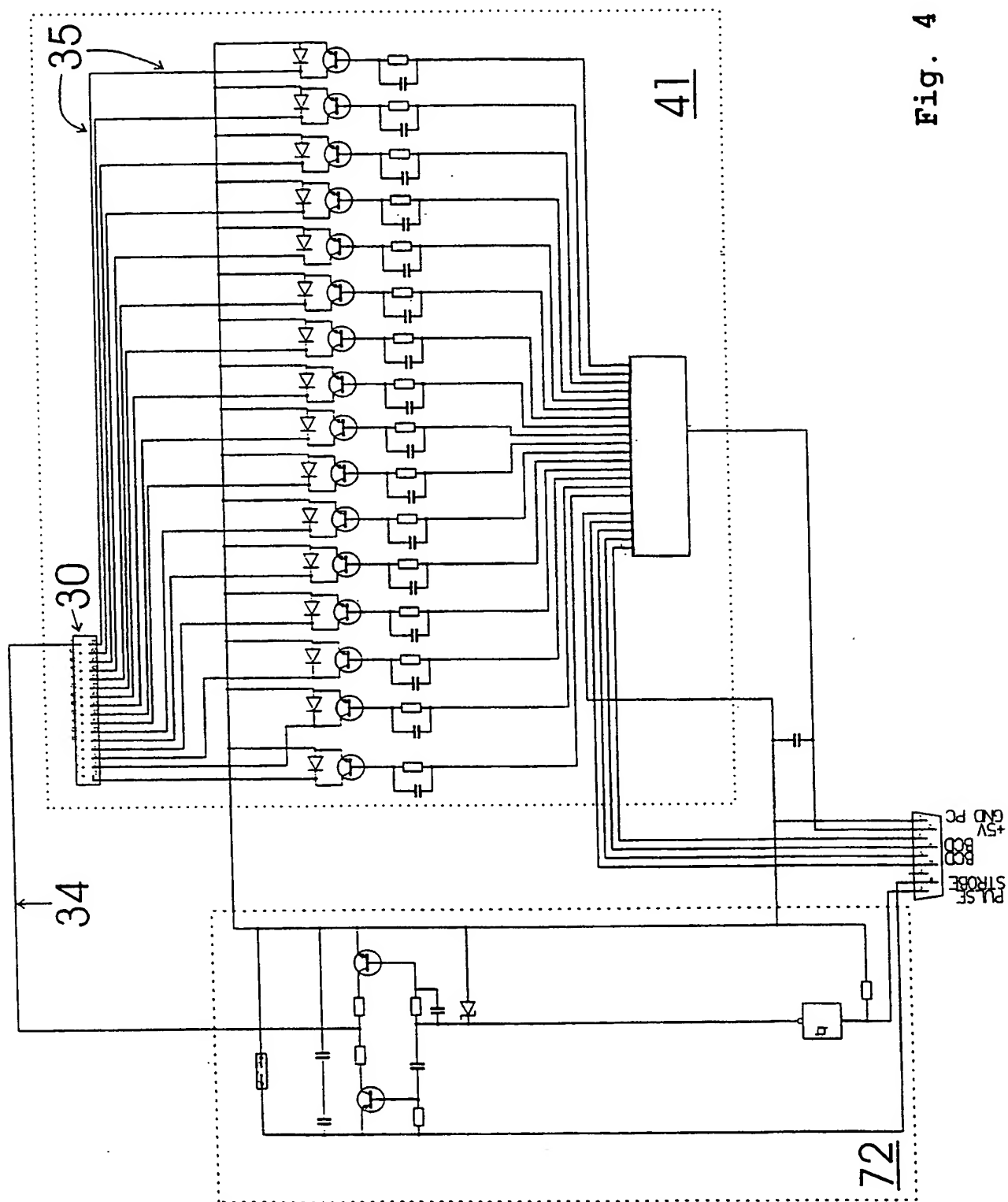


Fig. 4

ERSATZBLATT (REGEL 26)

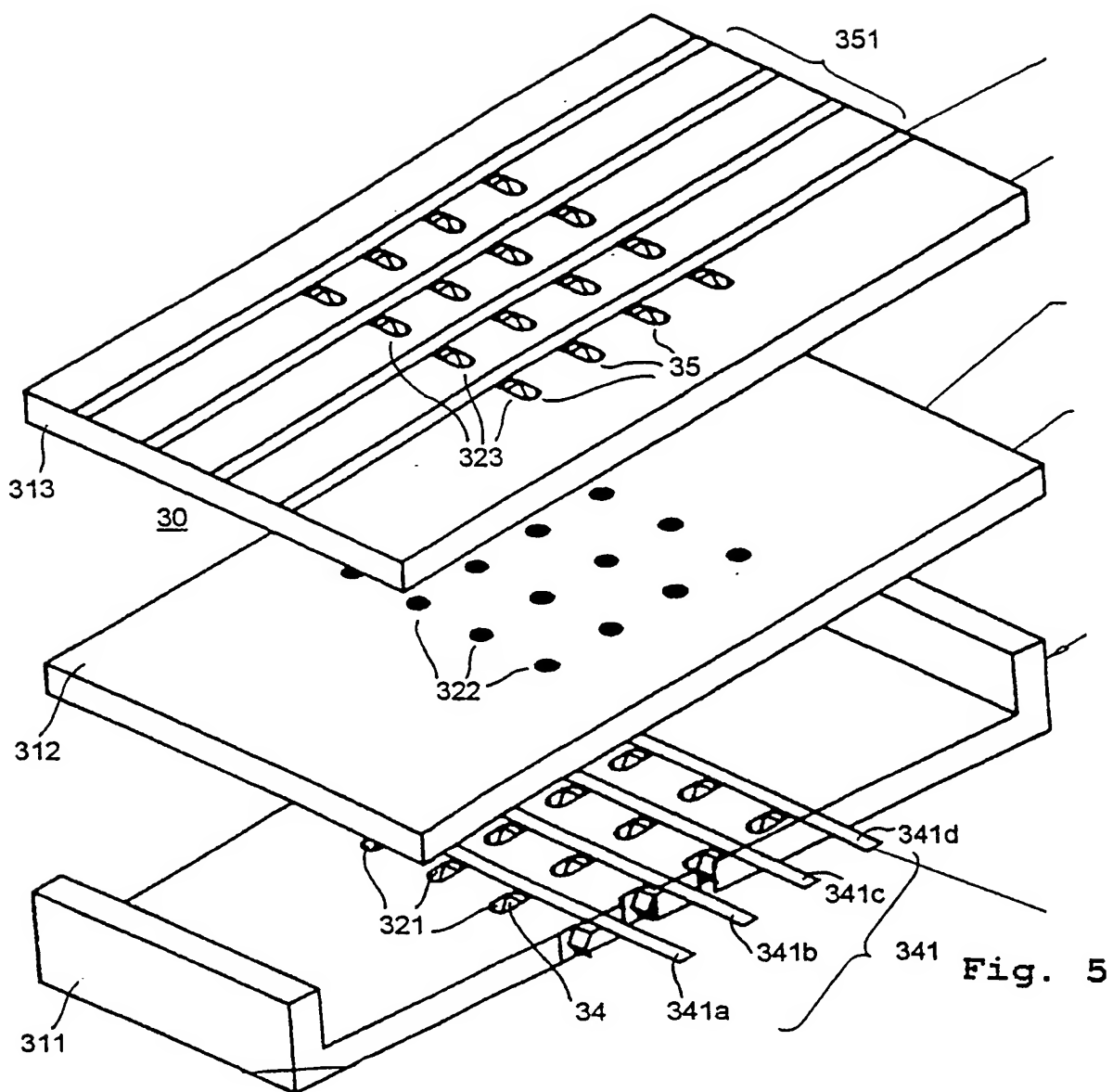


Fig. 5

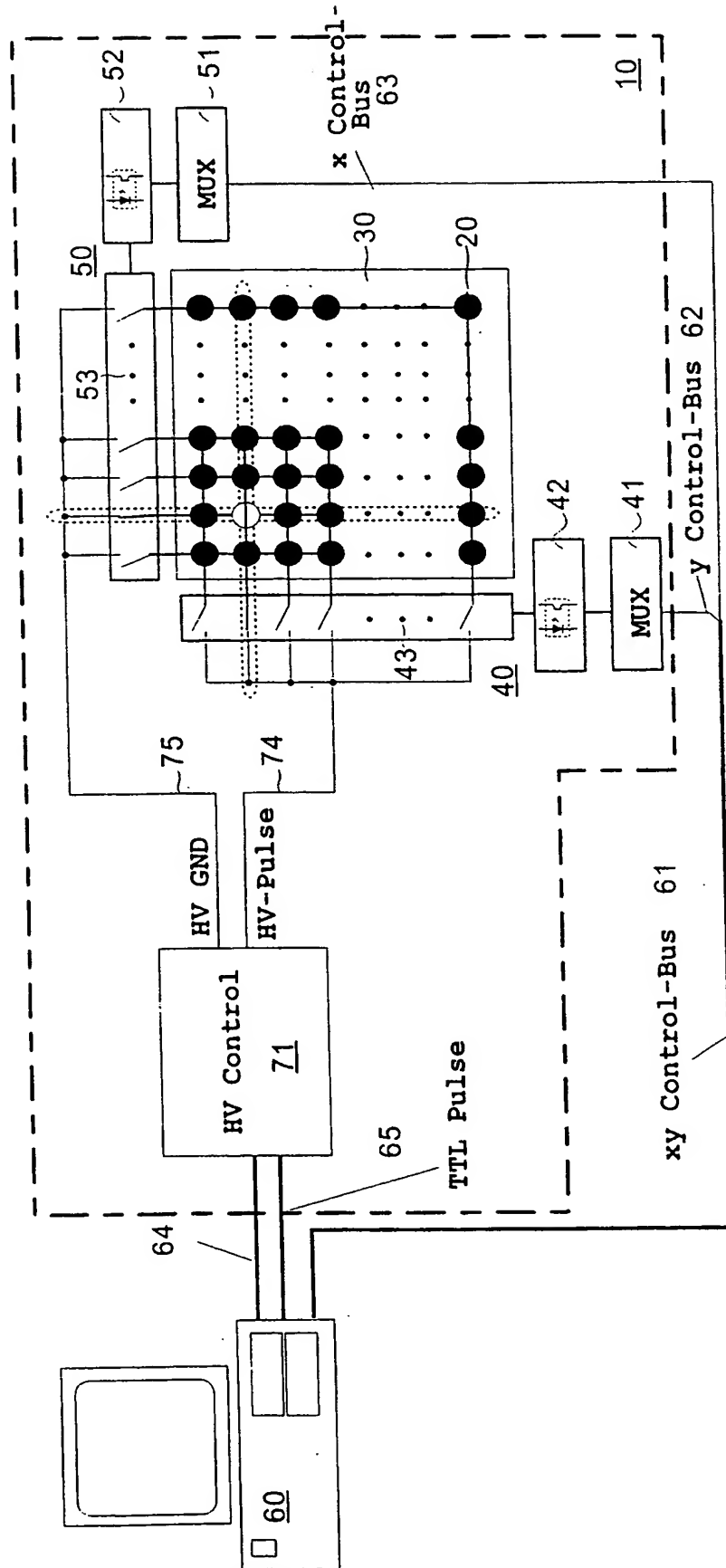


Fig. 6

ERSATZBLATT (REGEL 26)

Fig. 7

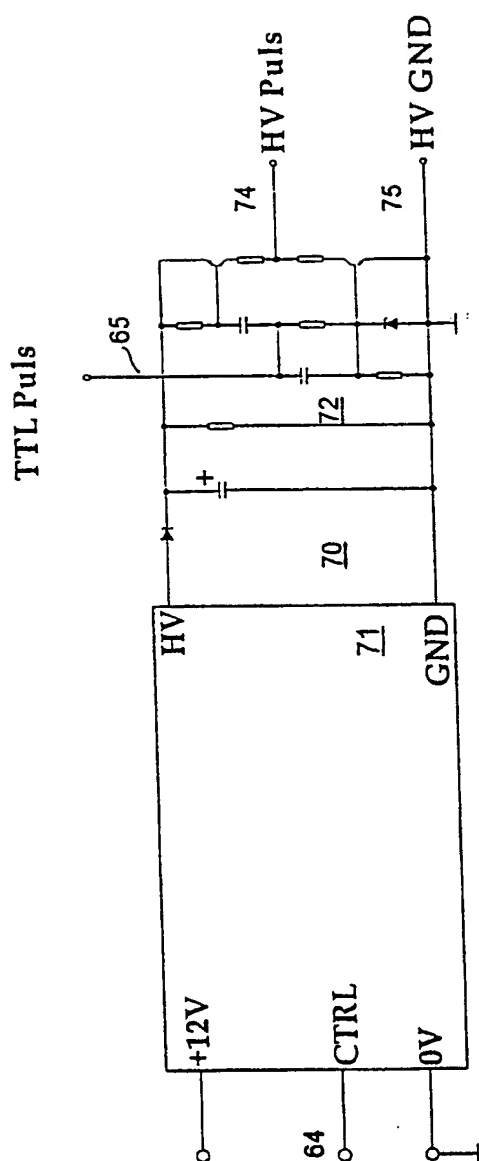
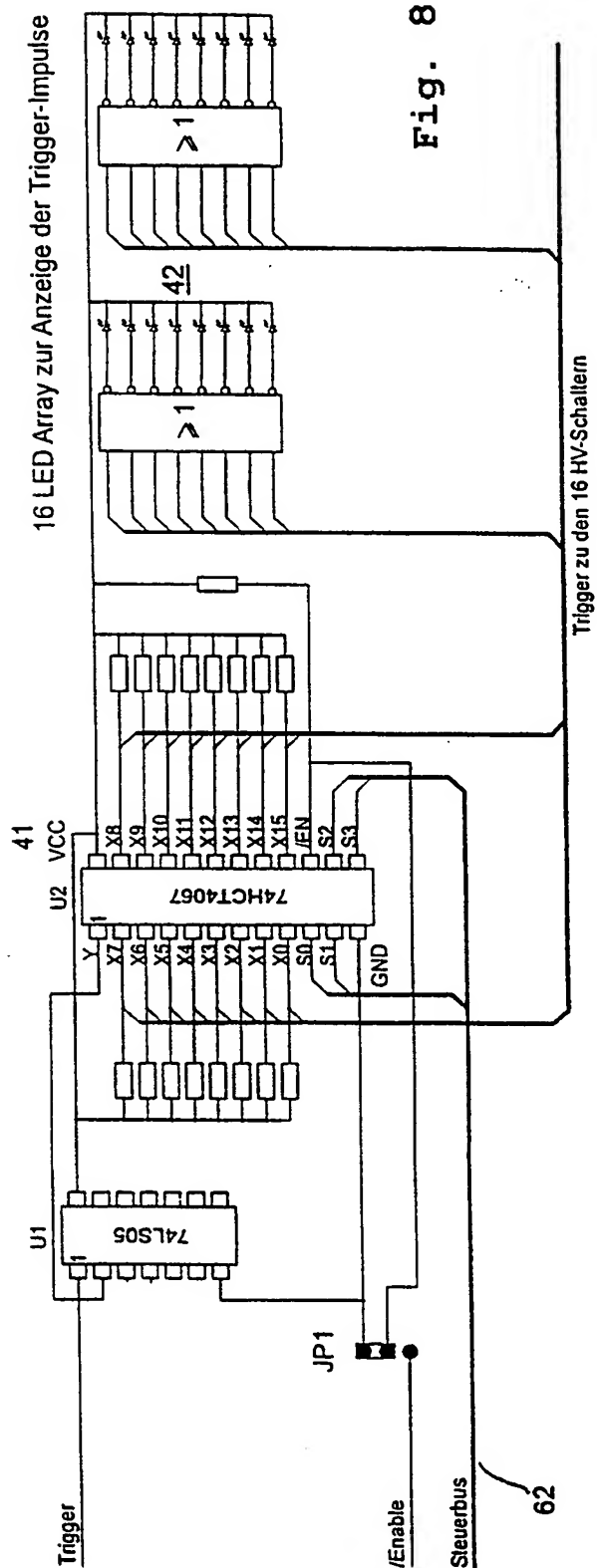


Fig. 8



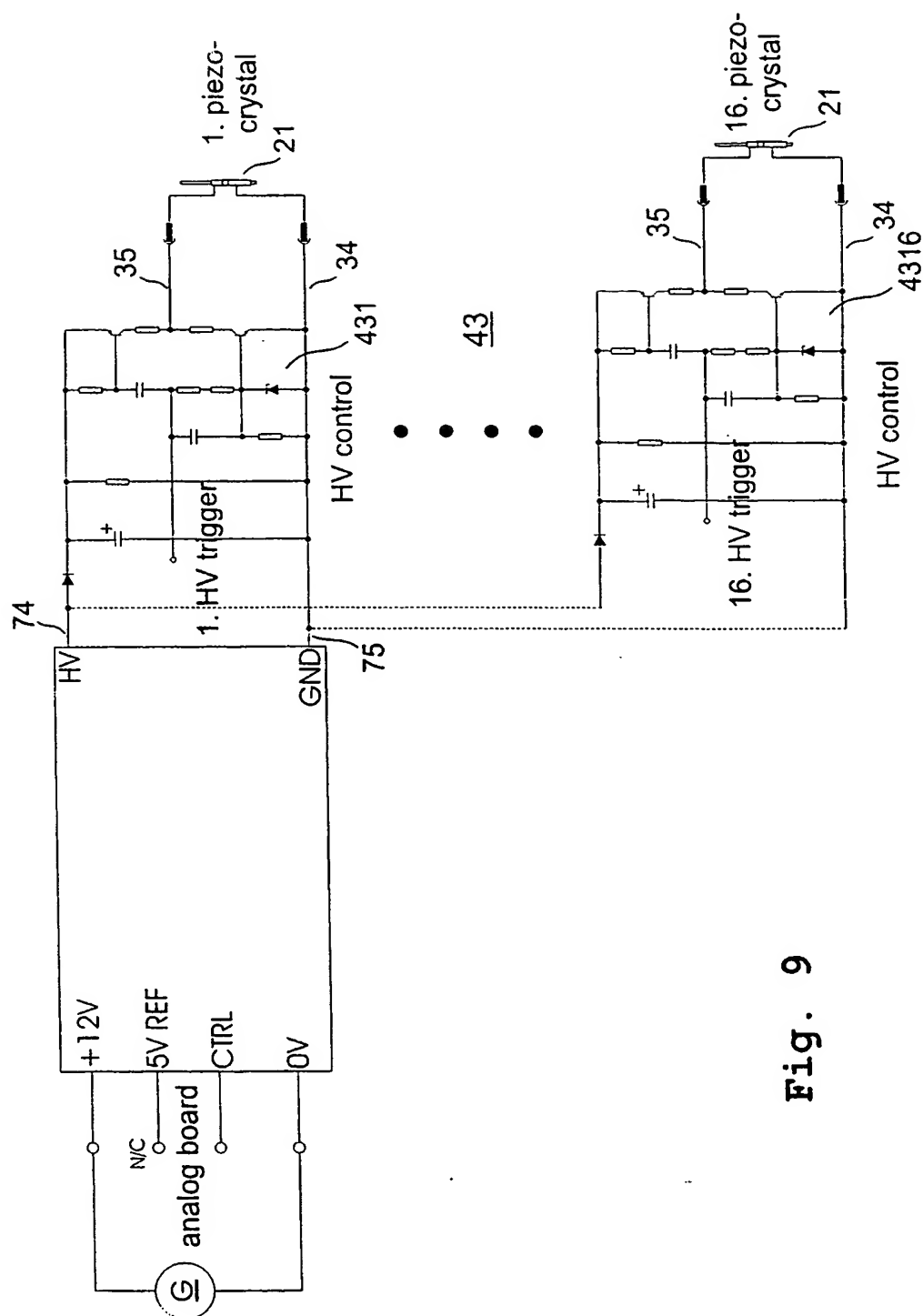


Fig. 9

ERSATZBLATT (REGEL 26)

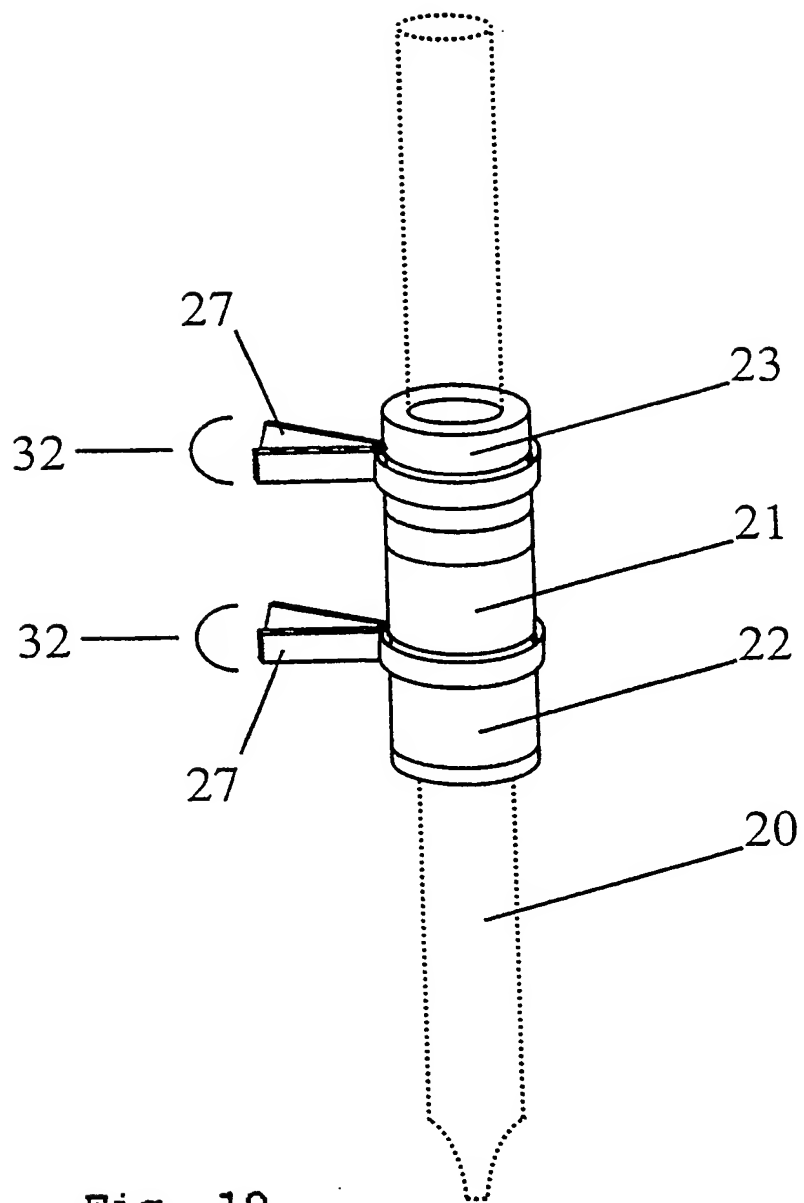


Fig. 10

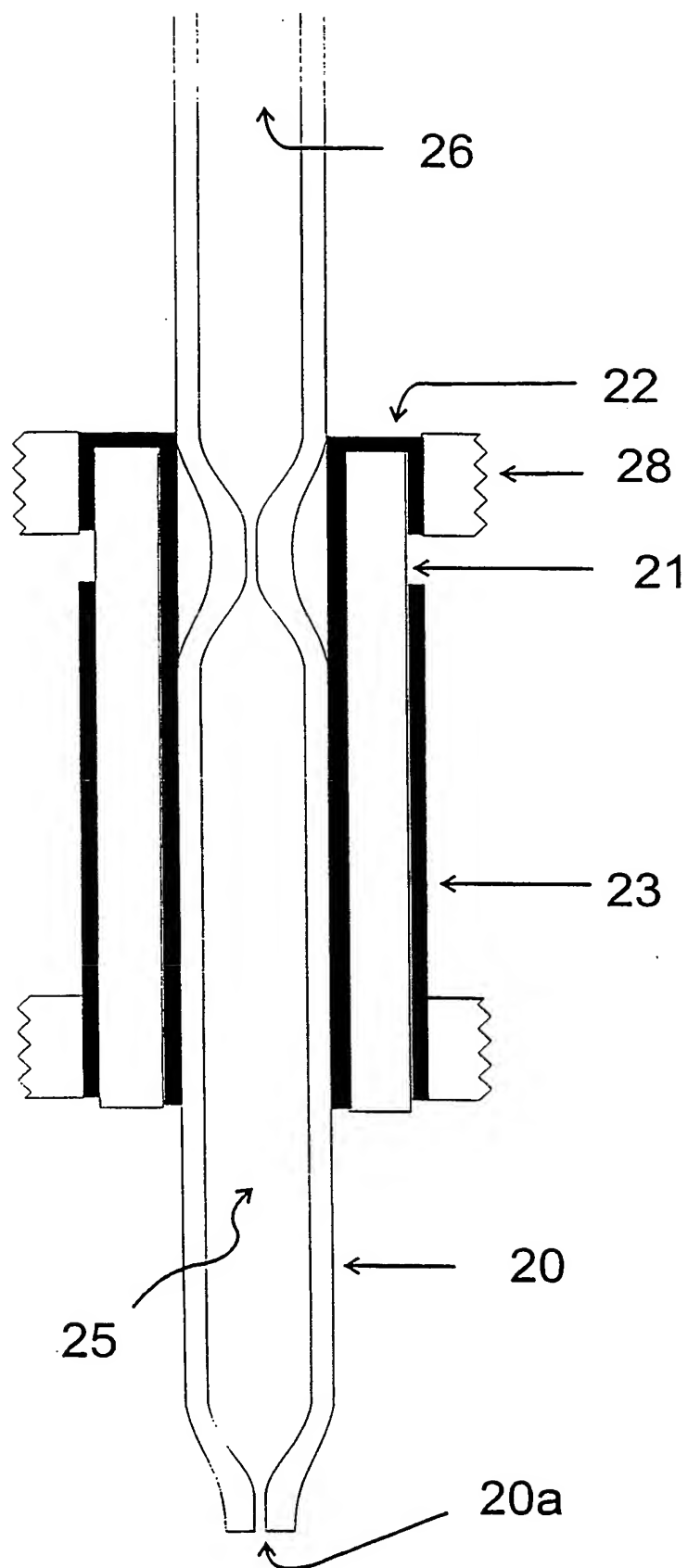


Fig. 11

ERSATZBLATT (REGEL 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. Application No

PCT/EP 98/07893

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G01N35/10 B01L3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01N B01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 810 438 A (PACKARD INSTRUMENT CO INC) 3 December 1997  see abstract; figures 1,3,7 see column 3, line 11 - column 4, line 52 see column 5, line 36 - column 6, line 8 see column 8, line 51 - column 9, line 43 see column 13, line 19 - column 16, line 45  ---	1-6, 8-13, 15-17
A	US 5 681 757 A (HAYES DONALD J) 28 October 1997  see abstract; figures 3,4 see column 2, line 43 - column 3, line 4 see column 8, line 14 - column 9, line 5  ---  -/--	1-5, 8-10,12, 13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 April 1999

Date of mailing of the international search report

23/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Runser, C



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/07893

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 5 658 802 A (HAYES DONALD J ET AL) 19 August 1997</p> <p>see abstract; figures 1,6 see column 2, line 36 - column 2, line 62 see column 3, line 57 - column 4, line 47 see column 6, line 27 - column 7, line 64</p> <p>---</p>	<p>1-6, 8-13, 15-17</p>
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 001, 31 January 1997 -&amp; JP 08 233710 A (HITACHI LTD;HITACHI KOKI CO LTD), 13 September 1996 see abstract; figures 1,3</p> <p>---</p>	<p>1,10,12, 13</p>
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 012, 26 December 1996 -&amp; JP 08 219956 A (HITACHI KOKI CO LTD;HITACHI LTD), 30 August 1996 see abstract; figures 1,10</p> <p>---</p>	<p>1,10,12, 13</p>
A,P	<p>WO 97 48818 A (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR) 24 December 1997 see figures 1,7 see page 4, line 7 - page 5, line 27 see page 15, line 17 - page 15, line 29</p> <p>-----</p>	<p>1-6,8,9, 13</p>

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/EP 98/07893

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0810438 A	03-12-1997	JP 10114394 A AU 6963798 A WO 9845205 A	06-05-1998 30-10-1998 15-10-1998
US 5681757 A	28-10-1997	NONE	
US 5658802 A	19-08-1997	NONE	
WO 9748818 A	24-12-1997	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07893

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 G01N35/10 B01L3/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01N B01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>EP 0 810 438 A (PACKARD INSTRUMENT CO INC) 3. Dezember 1997</p> <p>siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,7 siehe Spalte 3, Zeile 11 - Spalte 4, Zeile 52 siehe Spalte 5, Zeile 36 - Spalte 6, Zeile 8 siehe Spalte 8, Zeile 51 - Spalte 9, Zeile 43 siehe Spalte 13, Zeile 19 - Spalte 16, Zeile 45</p> <p style="text-align: center;">--- -/-</p>	<p>1-6, 8-13, 15-17</p>

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. April 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/04/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Runser, C

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. Jnales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07893

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 5 681 757 A (HAYES DONALD J) 28. Oktober 1997</p> <p>siehe Zusammenfassung; Abbildungen 3,4 siehe Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 4 siehe Spalte 8, Zeile 14 - Spalte 9, Zeile 5</p> <p>----</p>	<p>1-5, 8-10,12, 13</p>
A	<p>US 5 658 802 A (HAYES DONALD J ET AL) 19. August 1997</p> <p>siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,6 siehe Spalte 2, Zeile 36 - Spalte 2, Zeile 62 siehe Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 47 siehe Spalte 6, Zeile 27 - Spalte 7, Zeile 64</p> <p>----</p>	<p>1-6, 8-13, 15-17</p>
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 001, 31. Januar 1997 -&amp; JP 08 233710 A (HITACHI LTD;HITACHI KOKI CO LTD), 13. September 1996 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,3</p> <p>----</p>	<p>1,10,12, 13</p>
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 012, 26. Dezember 1996 -&amp; JP 08 219956 A (HITACHI KOKI CO LTD;HITACHI LTD), 30. August 1996 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,10</p> <p>----</p>	<p>1,10,12, 13</p>
A,P	<p>WO 97 48818 A (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR) 24. Dezember 1997 siehe Abbildungen 1,7 siehe Seite 4, Zeile 7 - Seite 5, Zeile 27 siehe Seite 15, Zeile 17 - Seite 15, Zeile 29</p> <p>-----</p>	<p>1-6,8,9, 13</p>

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07893

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0810438 A	03-12-1997	JP 10114394 A	06-05-1998
		AU 6963798 A	30-10-1998
		WO 9845205 A	15-10-1998
US 5681757 A	28-10-1997	KEINE	
US 5658802 A	19-08-1997	KEINE	
WO 9748818 A	24-12-1997	KEINE	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**